

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт *физики высоких технологий*

Направление подготовки *Материаловедение и технологии материалов*

Кафедра *Материаловедение в машиностроении*

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СТАЛИ СИСТЕМЫ Fe-C-Cr-Ni

УДК 621.762.242: 669.148

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б20	Ли Минь		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Дареская Е.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Материаловедение в машиностроении	Панин В.Е.	д.ф.-м.н., акад. РАН		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (бакалавриат)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий

Направление подготовки

Материаловедение и технологии материалов

Кафедра

Материаловедение в машиностроении

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Панин В. Е.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
154Б20	Ли Минь

Тема работы:

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ
МЕТАЛЛУРГИИ СТАЛИ СИСТЕМЫ Fe-C-Cr-Ni**

Утверждена приказом директора ИФВТ

Приказ № 3138/с от 22.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Стальной образец, полученный методом порошковой металлургии из механически активированной в течение 1 минуты порошковой композиции 03X17H12B. Прессование проводили на гидравлическом прессе методом холодного одностороннего прессования. Спекали образец в электрической вакуумной печи при 1380°C в течение 2 часов.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов,

1. Аналитический обзор литературы о порошковой металлургии и механической активации металлических порошков с целью выяснения достижений мировой науки техники в данной области.
2. Освоение методик пробоподготовки и исследований: металлографический анализ,

<i>подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<p>рентгеноструктурный анализ, оценка пористости, измерение микротвёрдости.</p> <p>3. Проведение исследований и анализ полученных экспериментальных данных.</p> <p>4. Обсуждение результатов выполненной работы.</p> <p>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</p> <p>6. Социальная ответственность.</p> <p>7. Заключение по работе.</p>
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация ВКР в Power Point

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент...</i>	Конотопский В.Ю
<i>Социальная ответственность</i>	Кырмакова О.С

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Даренская Е.А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б20	Ли Минь		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 79 с., 12 рис., 23 табл., 36 источников литературы.

Ключевые слова: порошковая металлургия, спекание, механическая активация, пористость, микротвёрдость, фазовый и металлографический анализ.

Объектом исследования является стальной образец, полученный методом порошковой металлургии из механически активированной в течение 1 минуты порошковой композиции 03X17H12B.

Цель работы – Рассмотреть влияние механической активации порошков на основе системы 03X17H12B на пористость и фазовый состав спеченных изделий.

В процессе исследования проводились: пробоподготовка, оценка пористости, металлографический и рентгеноструктурный анализ, измерение микротвёрдости.

В результате исследования определено влияние механической активации порошковой композиции в течение 1 минуты на структуру и фазовый состав спеченной стали 03X17H12B.

Основные характеристики спеченной стали 03X17H12B: пористость – 5,3 %; микротвердость – 79,38 кг/мм²; аустенито-ферритная структура.

Степень внедрения: Результаты работы доложены и обсуждены на Молодежной школе, проводимой в рамках Международной конференции «Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении» (9-11 июня 2016 г, г. Томск).

Область применения: для изготовления деталей сложной формы в машиностроительной, космической промышленности и авиастроении.

Экономическая значимость работы заключается в возможности использования результатов при разработке новых составов порошковых композиций для получения стальных изделий методами порошковой металлургии, включая современные методы, такие как аддитивные технологии и инжекционное формование.

Содержание

Введение	7
Литературный обзор	8
1.1 История порошковой металлургии	8
1.2 Технология порошковой металлургии	8
1.2.1. Приготовление порошков	9
1.2.2 Формование металлических порошков	11
1.2.3 Спекание порошков	11
1.3 Достоинства и недостатки порошковой металлургии	13
1.4 Механическая активация порошков	14
2 Материалы и методики исследований	16
2.1 Материалы исследований	16
2.2 Методики исследований	16
2.2.1 Подготовка образца к исследованию	17
2.2.2 Металлографический анализ	17
2.2.3 Определение пористости образца	18
2.2.4 Определение фазового состава образца	19
2.2.5 Определение микротвердости образца	20
3. Результаты исследований и обсуждение	23
3.1 Оценка пористости	23
3.2 Металлографический анализ	27
3.3 Фазовый анализ	32
3.4 Определение твердости	35
3.5 Результаты проведенного исследования	36
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	38
5 Социальная ответственность	57
Заключение	74
Список публикаций	76
Список используемых источников	77

Введение

Порошковая металлургия, наряду с другими наукоемкими и энеросберегающими отраслями промышленности, является одним из основных направлений развития современного, высокоэффективного производства технологически развитых стран мирового сообщества. На основе принципов технологии порошковой металлургии разрабатываются новые технологии, позволяющие исключать или уменьшать недостатки классической порошковой металлургии. Примером такой современной технологии может служить получение изделий методом инъекционного формования порошковых металлов. Изготовление металлических изделий из порошков, позволяет получать детали сложной формы без последующих обработок и потери дорогостоящих материалов. Разработка новых составов порошковых композиций является важной задачей, решение которой позволит получить изделия с требуемыми свойствами.

Объектом исследования в данной работе является нержавеющая сталь системы Fe-C-Cr-Ni, полученная методом порошковой металлургии. В качестве исходного сырья использовали порошковую смесь, состоящую из отдельных компонентов: карбонильного железа, хрома, никеля и углерода (сажа). Порошковую смесь подвергли механической активации в течение 1 минуты.

В литературе встречается немного информации о влиянии механической активации металлических порошков на процессы прессования и спекания и структуру спеченных изделий. В связи с этим данная работа направлена на рассмотрение влияния механоактивации порошков на основе системы Fe-C-Cr-Ni на пористость и фазовый состав спеченных изделий. Результаты, полученные в работе, будут полезны для исследователей, занимающихся порошковой металлургией.

Работа была представлена в виде доклада на Молодежной школе, проводимой в рамках Международной конференции «Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении» (9-11 июня 2016 г, г. Томск).

1 Литературный обзор

1.1 История порошковой металлургии

Порошки металлов начали использовать с древнейших времён для декоративных целей в керамике, например, порошки серебра, золота и меди применяли в красках. Во время раскопок найдены железные орудия древних египтян (за 3000 лет до нашей эры), известный памятник из железа в Дели относится к 300 году нашей эры. Однако, эти предметы из железа были изготовлены в основном кричным методом, в связи с тем, что до 19 века не было способов получения высоких температур, необходимых для литья или спекания железных сплавов.

С открытием доменного производства чугуна отказались от крицы и о порошковой металлургии забыли.

Возрождение порошковой металлургии и превращение в особый технологический метод обработки осуществил русский ученый П.Г. Соболевский и В.В. Любарский. Они в 1826 г. разработали технологию прессования и спекания платинового порошка. В 1826–1827 гг. именно с этих работ по разработке процесса изготовления монет из порошка платины получило развитие новое направление в науке – порошковая металлургия [1].

С середины 19-го века начинается массовое производство металлических и композиционных материалов, а также других видов продукции. В настоящее время метод порошковой металлургии широко используется для производства изделий и непрерывно развивается. Этим методом получают поршни, зубчатые колеса, рычаги и кулачки для машиностроения, автомобилестроения, энергетики и авиакосмической промышленности.

1.2 Технология порошковой металлургии

Порошковая металлургия — область техники, охватывающая совокупность методов изготовления порошков металлов и металлоподобных

соединений, полуфабрикатов и изделий из них (или их смесей с неметаллическими порошками) без расплавления основного компонента [2].

В общем виде технологический процесс порошковой металлургии состоит из четырёх основных этапов: приготовление порошков, формование, спекание и калибрование.

1.2.1. Приготовление порошков

Приготовления порошков можно условно разделить на два вида: механический и физико-химический методы. Механические методы не изменяют химический состав исходных материалов при превращении их в порошки [3]. Механический метод состоит из двух видов: механическое дробление и метод распыления. К методам распыления относится грануляция расплава (образование порошка происходит при сливании расплавленного металла в жидкость). Однако получаемые частицы имеют размеры больше одного миллиметра (до 2–5 мм). Затем получаемые металлические порошки (цинк, магний, титан, олово и т.п.) измельчают в обычных дробильных оборудованьях: шаровые, вращающиеся, планетарные, вибрационные, вихревые, центробежные и молотковые мельницы. На рисунке 1.1 приведена схема барабана шаровой мельницы.

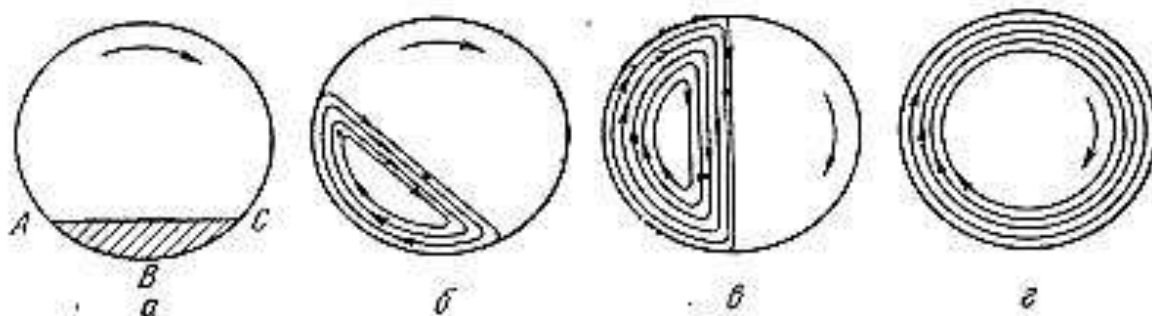
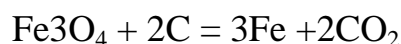
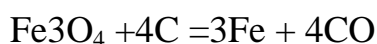
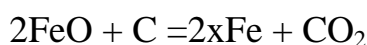
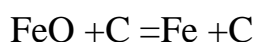
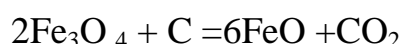
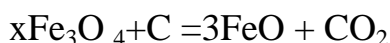
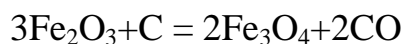


Рисунок 1.1 – Схема движения шаров в барабане шаровой мельницы:
а – скольжение, б – качение, в – свободное падение, г – движения шаров при критической скорости

Качение и свободное падение является наиболее эффективными способами для измельчения порошков. Как правило, тонко измельченный порошок может быть получен только в качении.

Физико-химический метод подразделяется на электрохимическую коррозию, восстановительный метод, метод соединения, метод осаждения из паровой фазы, метод осаждения из жидкой фазы и электролиза. С помощью физико-химического метода получают порошок по химическому составу и структуре отличный от исходного материала.

Наиболее эффективным методом является восстановление твердым углеродом. Восстановление железа протекает по следующему механизму:



Однако непосредственное взаимодействие твердых частиц железа с углеродом развивается слабо из-за малой поверхности взаимодействия частиц шихты. Прямая химическая реакция между твердыми компонентами шихты наблюдается только в самом начале процесса. Как только в местах контакта углерода и оксида железа образуются очаги металлической фазы, прямая химическая реакция резко замедляется. Это объясняется тем, что она переходит в диффузионную стадию, при которой атомам углерода необходимо «пробиваться» к поверхности восстанавливаемого оксида через слой образовавшегося металла.

Наиболее широко распространёнными являются восстановительный метод, метод распыления и электролизом.

1.2.2 Формование металлических порошков

В процессе формования порошка можно получить заготовку, которая имеет определенные форму и размер, требуемые плотность и прочность. Перед формованием нужно проводить отжиг, просеивание и смешивание порошков. В порошки вводят добавки, облегчающие технологическую переработку (пластификаторы, легкоплавкие материалы, летучие вещества и др.).

В восстановительной или защитной атмосфере исходные порошки подвергаются термической обработке (отжигу). С помощью отжига восстанавливаются оксиды, удаляются примеси и снимается наклеп. Просеиваются порошки с помощью сит с размерами ячеек более 1 мкм. Для того чтобы получить порошки с более мелкими фракциями применяется воздушная сепарация.

Формование порошков проводят методами прессования в пресс-формах, прессования с использованием прокатки, импульсных нагрузок, гидростатического прессования, выдавливания [4]. Холодное прессование порошков может проводиться при воздействии одного пуансона (простые заготовки) или двух, верхнего и нижнего (заготовки сложной формы). При прессовании происходит увеличение площади поверхности контакта между двумя частицами порошка, это может приводить к разрушению и деформации этих частиц. Если температура прессования равна средней температуре плавления порошка, то это будет являться горячим прессованием в сочетании со спеканием. Данный метод применяется для однородных материалов, которые имеют высокую плотность и прочность, например, карбид, нитрид, борид и др. Этот метод не распространен, так как прессование необходимо проводить в защитной газовой среде.

1.2.3 Спекание порошков

Спекание является ключевым шагом в процессе порошковой металлургии. При нагреве сформованного порошка, увеличивается сила связи

между частицами порошка. Давление прессования, температура, продолжительность и окружающая среда являются важными факторами, которые влияют на готовые изделия. Температура спекания составляет обычно 70–90 % от температуры плавления порошка. Время выдержки может составлять несколько минут или часов. При увеличении времени выдержки и температуры происходит рост зерна, что приводит к ухудшению свойств изделия. При спекании поверхность изделия может окисляться. С помощью специальной атмосферной среды можно уменьшить окисление поверхности. При спекании в вакууме можно достичь лучших результатов, так как это уменьшает содержание посторонних примесей в изделии. Применяются защитные засыпки (кварцевый песок, оксид алюминия, титановая крошка, графитовая крошка, титановая стружка и др.) для того чтобы изолировать спекаемые изделия от окружающей атмосферы [5].

Проводится химическое (например, ввод в атмосферу хлористых и фтористых соединений) или физическое (воздействие ультразвука или вибраций) активирование процесса, для того чтобы получить более качественные и высокопроизводительные изделия. При использовании жидкой фазы (которая увеличивает контакт между частицами) получают изделия с меньшим количеством пор. Для получения жидкой фазы применяют низкоплавкий компонент, который при плавлении пропитывает спрессованный пористый каркас из тугоплавкого металла (например, карбид титана пропитывается сталью, вольфрам – медью) [6].

Спеченные изделия обязательно подвергают дополнительной обработке, получить требуемые свойства. Для достижения заданной структуры материала проводится отжиг в защитной атмосфере, в процессе которого выравнивается химический состав и снижается твердость, что облегчает последующую механическую обработку. Для повышения износостойкости поверхностных слоев спеченной детали может применяться азотирование, науглероживание и цианирование. Для повышения коррозионной стойкости спеченной детали проводится никелирование, хромирование, фосфатирование, оксидирование и

кадмирование [7]. Масляная пропитка пористых подшипников обеспечивает длительное самосмазывание трущихся поверхностей во время работы за счет того, что при повышении температуры в пористом подшипнике ослабевают капиллярные силы, удерживающие масло в порах, и коэффициент термического расширения масла выше, чем металла .

1.3 Достоинства и недостатки порошковой металлургии

Основными преимуществами порошковой металлургии являются [7]:

- низкие потери материала (8–10%);
- возможность изготовления деталей, имеющих жёсткий допуск, например, шаровые вставки, вкладыши, поршневые кольца, кулачки храповиков и подшипниковые втулки;
- получение деталей и материалов из металлических элементов, которые не сплавляются друг с другом и имеют большую разницу между температурами плавления;
- получение материалов и изделий, практически не содержащих примесей и имеющих высокие экономические и технические показатели;
- может использовать порошки, изготовленные из вторичных материалов: отходы металлургической и машиностроительной промышленности, например, опилки, стружки, кузнечная и прокатная окалина и др.

Однако порошковая металлургия также имеет недостатки. К ним относятся [7]:

- спекание в защитной атмосфере увеличивает себестоимость готовых деталей;
- сложно получать сплавы и металлов в компактном (беспористом) состоянии;
- для получения чистых металлов необходимо использовать чистые исходные порошки;
- трудоёмкость получения изделия больших размеров.

Недостатки порошковой металлургии препятствуют её развитию, но развитие промышленных технологий направлено на решение этих проблем.

1.4 Механическая активация порошков

Механическая активация – увеличение реакционной способности (изменение физико-химических свойств) обрабатываемых веществ в последующих процессах и реакциях [8].

В первую очередь во время механической активации происходит тонкое и сверхтонкое измельчение, как правило, сопровождающееся увеличением запаса внутренней и поверхностной свободной энергии измельченного продукта. Механоактивация может проходить путем воздействия механическими колебаниями, ударными волнами, трением, диспергированием, бароактивацией.

При обработке порошков в мельницах, дезинтеграторах и аналогичных измельчительных аппаратах веществу передается механическая энергия. В результате происходит диспергирование (уменьшение размеров частиц), образуется новая поверхность частиц. Однако, это не единственный результат механической обработки. Кроме этого, могут наблюдаться:

- деформация кристаллов,
- образование большого количества дефектов,
- сдвиговые напряжения,
- изменение размеров микроблоков, образующих кристалл,
- агрегация кристаллитов,
- выделение тепла,
- локальный подъем температуры и давления,
- эмиссия света и электронов,
- фазовые превращения,
- аморфизация,
- разрыв химических связей,

- ускорение процессов диффузии,
- формирование центров с повышенной активностью на вновь образованных поверхностях [9].

Авторы рассматривая керамические порошки [9] и порошки на основе TiNiCo [10], говорят о том, что механическая активация исходных порошков способствует повышению качества спеченных материалов и облегчает их получение. Они отмечают понижение температуры спекания, пористости и повышение плотность при использовании механоактивированных порошков.

В настоящее время в литературе мало информации о влиянии механической активации порошков на основе железа на качество спеченных изделий и процессы их прессования и спекания.

2 Материалы и методики исследований

2.1 Материалы исследований

Объектом исследования выступает цилиндрический образец с параметрами: масса – 10 г, диаметр – 17 мм, высота – 7 мм. Образец получен методом порошковой металлургии из порошковой композиции, химический состав которой представлен в таблице 2.1. Порошковая композиция получена смешиванием отдельных порошков: карбонильное железо, хром, никель, вольфрам. Смешивание проводили в течение 24 часов на установке «Смеситель С 2.0» с системой управления частотой и таймером. После смешивания активировали порошковую композицию в мельнице «Активатор-2SL» в течение 1 минуты.

Таблица 2.1 – Химический состав образца 03X17H12B, %

Химический элемент	Содержание
C	0,03
Ni	12
W	2
Cr	17
Fe	68,97

Прессование проводили на гидравлическом прессе методом холодного одностороннего прессования при давлении. Спекали образцы в электрической вакуумной печи при 1380°C в течение 2 часов.

2.2 Методики исследований

В работе использовались различные методики для изучения структуры образца, определения фазового состава и микротвёрдости. Важным этапом, предшествующим исследованиям образца, является его подготовка.

2.2.1 Подготовка образца к исследованию

Пробоподготовка — это совокупность действий над изучаемым образцом, для перевода его в форму, наиболее подходящую для дальнейшего исследования [11].

Основная задача пробоподготовки — подготовка материалов для определённого вида анализа. Пробоподготовка помогает повысить точность получаемых результатов, расширить исследуемый диапазон значений, повысить безопасность исследования, ускорить тест, улучшить воспроизводимость и снизить погрешность результатов.

Этапы подготовки образцов [12]:

1. Вырезка образца;
2. Получение плоской поверхности (например, при помощи токарного и фрезерного станка);
3. Шлифование;
4. Полирование;
5. Изучение поверхности микрошлифа до травления;
6. Травление (для структурных исследований).

Затем наступает этап анализа полученного образца.

2.2.2 Металлографический анализ

Метод металлографического анализа включает два вида: первый метод — макроскопический анализ, второй метод — микроскопический анализ. В данной работе использовали микроанализ, который выполняли на металлографическом микроскопе ЛабоМет-И-1, оснащенный системой визуализации. Данный микроскоп даёт возможность рассматривать структуру под различным увеличением ($\times 40$, $\times 100$, $\times 400$, $\times 800$) и делать снимки изображений благодаря программному комплексу SIAMS 700.

2.2.3 Определение пористости образца

Пористая структура характеризуется несколькими основными параметрами достаточными для её исследования: пористостью и удельным суммарным объёмом пор, удельной поверхностью пористой системы, характерными размерами и распределением по размерам пор. Параметры для исследования пористой структуры материалов составляют комплекс пространственных (геометрических) физических и математических величин, которые определяются с помощью современных средств измерений и вычислительной техники.

Определение пористости проводили двумя способами. Первый способ заключался в определении пористости образцов с помощью «Анализатора фрагментов микроструктуры твердых тел SIAMS 700™». Данный программный продукт имеет ряд специализированных решений, один из которых можно применять для определения распределения пор по размеру и относительной пористости. Анализируемое изображение структуры переводится в черно-белое изображение и подвергается ряду обработок для удаления шумов и помех. Затем обработанное изображение анализируется и программа выдает отчёт, содержащий: диаграмму распределения пор по размеру, площадь исследуемой фазы, площадь всего изображения и долю исследуемой фазы в процентах.

Характеристику пористой структуры (совокупная характеристика размеров и количества пор в теле) – пористость – можно определить по отношению свободного объёма V_c , не заполненного элементарными структурными частицами, к общему объёму V тела [13].

$$\dot{I} = V_c/V = I - V_T/V = I - T, \quad (2.1)$$

где V_T – объём твёрдого скелета или матрицы;

T – доля объёма тела, занятая компактной или твёрдой частью.

Второй способ определения пористости, среднего размера пор и распределение пор по размеру проводили методом секущих. Для определения среднего размера поры проводили линии на изображении нетравленной

поверхности. Затем подсчитывали размеры пор, попавших на линию, и их количество. Оценку среднего размера пор проводили по формуле (2.2):

$$\text{Ср.размер поры} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}, \quad (2.2)$$

где x_1 – размер поры под номером 1,

x_n – размер поры под номером n ,

n – суммарное количество пор.

Пористость с помощью метода секущих определяли по формуле (2.3):

$$\Pi = \frac{\text{суммарная длина пор}}{\text{полная длина линии}}. \quad (2.3)$$

2.2.4 Определение фазового состава образца

Качественный фазовый анализ проводили рентгенографическим методом, который позволил наряду с другими методами исследований проследить последовательность фазовых превращений. Съёмки рентгенограмм проведены на дифрактометре ДРОН-4М с характеристическим $\text{CoK}\alpha$ -излучением (ИФПМ СО РАН).

В аппаратах типа ДРОН для проведения широкого круга структурных исследований различных материалов используется дифракция рентгеновских лучей, для которых кристалл является идеальной дифракционной решеткой. Дифракция рентгеновских лучей от кристалла подчиняется закону Вульфа-Брэгга [14]:

$$n\lambda = 2d_{hkl}\sin\Theta, \quad (2.4)$$

где λ – длина волны рентгеновского излучения,

Θ – угол отражения,

d_{hkl} – межплоскостное расстояние,

n – порядок отражения.

Рентгенограммы записывались автоматически на компьютере. Обработку рентгенограмм проводили с помощью компьютерной программы RENEX. Качественный фазовый состав образцов определяли сравнением

интенсивностей линий на дифрактограммах и соответствующих им межплоскостных расстояний d_{hkl} с аналогичными параметрами известных веществ. Для этого использовали компьютерную картотеку, содержащую 39 627 веществ.

Для определения принадлежности рефлексов дифрактограммы к кубической решётке Fe проводили расчёты по методике [14]:

- вычленяли предполагаемые рефлексы γ -Fe и α -Fe;
- рассчитывали $\sin^2\Theta$ для каждого рефлекса;
- проверить соотношение (2.5), для γ -Fe (1; 1,32; 2,66; 3,65; 4) и для α -Fe (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9):

$$\frac{\sin^2\theta_i}{\sin^2\theta_j} = \frac{H_i^2}{H_j^2} + \frac{K_i^2}{K_j^2} + \frac{L_i^2}{L_j^2} \quad (2.5)$$

- посчитать параметр решётки a для γ -Fe по формуле (2.6)

$$a = d_{HKL} \sqrt{H^2 + K^2 + L^2}. \quad (2.6)$$

- построить экстраполяционный график в координатах « $a \cdot \cos^2\Theta$ ».

2.2.5 Определение микротвердости образца

Испытания на микротвердости проводили на микротвердомере ПМТ-3М, рисунок 2.1 [15].

В состав входят следующие узлы: штатив, предметный столик, узел механизма нагружений, тубус с осветителем, монокулярная насадка, комплект объективов и фотоэлектрический окулярный микрометр ФОМ-2-16.

Принцип действия микро твердомера основан на вдавливании алмазного наконечника (приамиды) в исследуемый материал под определенной нагрузкой и измерении линейной величины диагонали или стороны полученного отпечатка. Число микротвердости определяется делением нормальной нагрузки, приложенной к алмазному наконечнику, на условную площадь боковой поверхности полученного отпечатка по формуле (2.5):

$$HV = F/S. \quad (2.5)$$

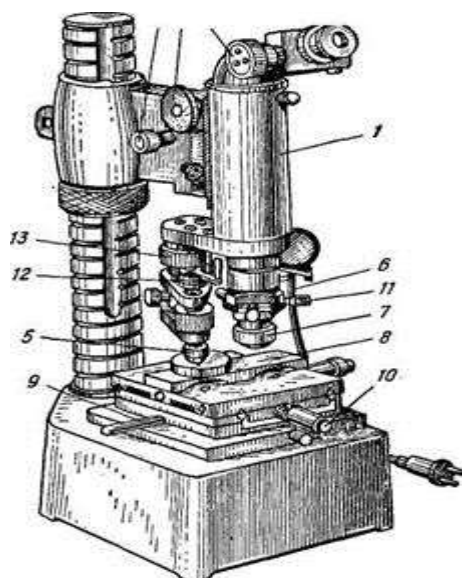


Рисунок 2.1 – Схема прибора ПМТ-3 для измерения микротвердости: 1 – микроскоп; 2 – макрометрический винт; 3 – микрометрический винт; 4 – окулярный микрометр; 5 – шток с алмазной пирамидой; 6 – опак-иллюминатор; 7 – объектив; 8 – стол для установки микрошлифа; 9 – ручка стола; 10 – винт стола; 11 – регулировочные винты; 12 – грузы; 13 – ручка нагружения

Измерение микротвердости необходимо проводить следующим образом [16]:

1. Закрепить испытуемый образец при помощи прессика пластилином на пластике так, чтобы его исследуемая поверхность располагалась параллельно рабочей плоскости столика, на которой устанавливается пластинка с испытуемым образцом.

2. Поместить на утолщенную часть штока груз.

3. Выбрать место на образце для нанесения отпечатка. Расстояние от центра отпечатка до края предмета должно быть не менее двойного размера отпечатка. Расстояние между центрами соседних отпечатков должно превышать размер отпечатка более чем в 3 раза, минимальная толщина предмета или слоя должна превышать глубину отпечатка не менее чем в 10 раз.

4. Плавно повернуть предметный столик против часовой стрелки до упора.

5. Медленно опустить шток с грузом так, чтобы алмаз коснулся поверхности исследуемого образца. После выдержки в течение 10 с снять нагрузку с поверхности образца.

6. Осторожно повернуть предметный столик в исходное положение.

7. Измерить диагональ между противоположными краями отпечатка, перемещая центр перекрестия по диагонали отпечатка, рисунок 2.2.

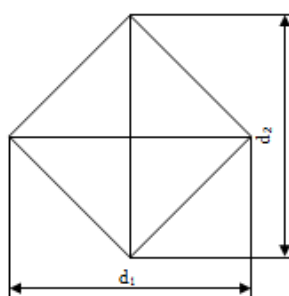


Рисунок 2.2

8. Определить истинную величину диагонали отпечатка, умножив полученное значение на действительное значение цены деления барабанчика, равное 0,315 мкм.

9. Определить значение микротвердости, соответствующее найденной величине диагонали отпечатка, с помощью специальных таблиц.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б20	Ли Минь

Институт	физики высоких технологий	Кафедра	Материаловедение в машиностроении
Уровень образования	бакалавриата	Направление/специальность	Материаловедение и технологии материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материально-технические ресурсы: (2507р); энергетические ресурсы: электрическая энергия (514.515р); информационные ресурсы: научные журналы, монографии, учебники и статьи по теме исследований, (2000р); человеческие ресурсы: студент (инженер-дипломник), научный руководитель (2 человек).
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Данная НИР проводится впервые, поэтому нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Согласно п.3 п.п.16 ст. 149 НК РФ данная НИР не подлежит налогообложению. На основании п. 1 ст. 58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году вводится пониженная ставка для расчета отчислений во внебюджетные фонды – 27,1% от фонда оплаты труда.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Данная научно-исследовательская работа финансируется за счет средств государственного бюджета и по характеру получаемых результатов относится к поисковым работам. Результаты данных работ, как правило, не заканчиваются созданием и промышленным внедрением новых видов материалов и средств изготовления продукции. Они лишь выясняют технические, организационные и экономические возможности их получения. При положительных результатах выводы поисковых работ могут быть использованы в научно-исследовательских работах прикладного характера. По поисковым НИР, которые не заканчиваются достижением положительных результатов, определяется лишь сумма производственных затрат и капитальных вложений на их выполнение.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Согласно расчетам бюджет затрат на проведение НИР составляет 339297.1., включая затраты на заработную плату (174395р.), отчисления в социальные фонды (52618,5р.), электроэнергию (514.515р), и прочие расходы (23399,038)

3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>По результатам НИР были выполнены поставленные задачи. Однако, поскольку данная НИР относится к поисковым работам, то оценивать её эффективность преждевременно. Эффективность может быть определена только после проведения прикладных исследований, результатом которых будет получение конечного продукта.</i>
--	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Альтернативы проведения НИ</i> 4. <i>График проведения и бюджет НИ</i> 5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б20	Ли Минь		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований [19].

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевым рынком результатов наших исследования в области повышения усталостной долговечности высокопрочных сталей является авиационная промышленность. Технология наноструктурирование поверхности может быть востребована не только для предприятий занимающихся непосредственно процессом производства авиационной техники, но и для предприятий, которые являются поставщиками комплектующих. Информация, получаемая в ходе исследований, может быть также использована в дальнейших исследованиях связанных с исследованием усталостной долговечности.

4.1.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В данном разделе был проведен анализ альтернативных возможностей нашего исследования. Для определения альтернатив использовался морфологический подход.

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

1. Точная формулировка проблемы исследования.

Главной проблемой является исследования влияние механической активации металлических порошков на структуру и свойства спеченных сталей.

2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

Важнейшими морфологическими характеристиками в наших исследованиях является пористость сталей, полученных методом порошковой металлургии. Вопрос механической активации металлических порошков очень

важен, т.к. анализируя известные исследования по этому вопросу, можно предположить положительное влияние этой операции на структуру и свойства спеченных сталей.

3 Анализируя представленные характеристики для стали 03X17H13B, можно видеть, что одна минута активации порошковой композиции не ухудшает характеристики спеченной стали, в сравнении со спеченной сталью 03X17H13B, полученной из порошка без механоактивации.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках проведенного научного исследования:

- определена структура работ (таблица 4.1);
- определены участники каждой работы;
- установлена продолжительность работ.

Для выполнения научных исследований была сформирована рабочая группа, в состав которой вошли – руководитель доцент кафедры ММС Даренская Е.А., инженер кафедры ММС Мячин Ю.В., студент НИ ТПУ ИФВТ кафедры ММС Ли М, работающая в должности техника.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 4.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер, техник
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер, техник
	6	Подготовка образцов исследований.	Техник.
	7	Разработка методики испытаний и проведение экспериментов	Инженер, техник
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер, техник
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер, техник
	10	Определение целесообразности продолжения дальнейших исследований.	Руководитель

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

57 чел-дн - минимально возможная трудоемкость выполнения все работ научного исследования.

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

86 чел-дн - максимально возможная трудоемкость выполнения научных исследований.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i} = \frac{50.4}{2} = 29 \quad (4.2)$$

где T_{pi} – продолжительность научно-исследовательской работы, раб. дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения научно-исследовательской работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для действительного отражение значений трудоемкости работ длительность каждого из этапов из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} , \quad (4.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1.48 \quad (4.5)$$









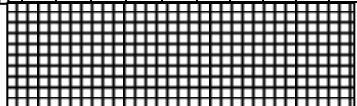

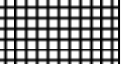
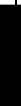




Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу (таблица 4.2).

Таблица 4.2 –Временные показатели проведения ВКР

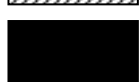
№ раб	Исполнители	Продолжительность работ						
		tmin чел- дн.	tmax чел-дн	тож чел-дн	Тр раб.дн	Тк кал.дн	Уi, %	Hi, %
1	Руководитель темы	2	3	2.4	2.4	3.552	2.837	2.837
2	Руководитель, инженер	1	2	1.4	1.4	2.072	1.655	4.492
3	Инженер, техник	3	4	3.4	3.4	5.032	4.019	5.674
4	Руководитель, Инженер	2	3	2.4	2.4	3.552	2.837	6.856
5	Инженер, техник	3	4	3.4	3.4	5.032	4.019	6.856
6	Техник.	27	40	48.2	48.2	71.336	56.98	60.999
7	Инженер, техник	13	22	16.6	16.6	24.568	19.62	76.6
8	Инженер, техник	4	5	4.4	4.4	6.52	5.208	24.828
9	Инженер, техник	1	2	1.4	1.4	2.072	1.655	12.071
10	Руководитель	1	1	1	1	1.48	1.182	2.837
				66		125.2		

Таблица 4.3 – Календарный план проведения НИР

этапы	Вид работы	T _k	Исполнитель	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение технического задания	3.552	Руководитель темы					
2	Выбор направления исследований	2.072	Руководитель, инженер	 				
3	Подбор и изучение материалов по теме	5.032	Инженер, техник	 				
4	Календарное планирование работ по теме	3.552	Руководитель, Инженер	 				
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	5.032	Инженер, техник					
6	Подготовка образцов исследований.	71.336	Техник.					
7	Разработка методики испытаний и проведение экспериментов	24.568	Инженер, техник				 	
8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	6.52	Инженер, техник					 
9	Оценка эффективности полученных результатов	2.072	Инженер, техник					 
10	Определение целесообразности продолжения дальнейших исследований.	1.48	Руководитель					



Руководитель темы



Инженер



Техник

Как можно видеть в представленной таблице значения трудоемкости и количество исполнителей для всех видов выполнения научного исследования. Это объясняется тем, что испытания на усталостную долговечность для различных сталей не имеют значительных различий.

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования были учтены следующие статьи затрат:

- отчисления в социальные фонды;
 - расходы на электроэнергию;
 - амортизационные отчисления;
 - работы, выполняемые сторонними организациями;
- прочие расходы

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых исследованиях:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для проведения научных исследований;
- покупные материалы, используемые в процессе подготовки образцов для испытаний.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} , \quad (4.6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Принимается в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 7.

Таблица 4.4 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
образец	г	10	70	805
Наждачная бумага, P1500	лист	5	40	230
Наждачная бумага, P2000	лист	2	40	92
Алмазная паста	тюбик	4	300	1380
Итого				2507

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 4.8

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (4.7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Таблица 4.5 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Трудоемкость, чел.-дн.	Исполнители по категориям	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление ТЗ	3.552	Руководитель.,	1,75	6,216
2	Выбор направления исследований	2.072	Инженер.	0,65	1,3468
			руководитель	1,75	3,626
3	Изучение материалов	5.032	Техник	0.325	3,2708
			Руководитель	1,75	1,6354
4	Календарное планирование	3.552	Инженер	0,65	6,216
5	Проведение теоретических	5.032	Техник	0,65	3,2708
			Техник	0,325	1,6354
6	Подготовка образцов	71.336	Инженер	0,65	23,184
7	Проведение испытаний	24.568	Техник	0,325	15,969
			Инженер	0,65	7,9846
8	Сопоставление результатов	6.52	Техник	0,325	4,238
			Инженер	0,65	2,119
9	Оценка эффективности	2.072	Техник	0,325	1,347
			Руководитель	1,75	0,673
10	Определение целесообразности	1.48	Руководитель	1,75	2,538
Итого: 85,26					

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.10)$$

$$Z_{тс} = Z_m / (1 + 0,3 + 0,2) / 1,3$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3,

Расчёт основной заработной платы приведён в табл.9.

Таблица 4.6 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, тыс. руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{дн}$, тыс. руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	1,75	1,3	1,2	1,3	3,549	25	88725
Инженер	0,65				1,318	45	59310
Техник	0,325				0,659	40	26360
Итого $Z_{осн}$ 174395							

4.3.3 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 10.

Таблица 4.7 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	2507	
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	85260	
3. Бюджет затрат НТИ	87767	

4.3.4 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3$.
Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 174395 * 0,3 = 52318,5 \text{руб.}$

4.3.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{H_A * C_{ОБ} * t_{pf} * n}{F_d}, \quad (4.11)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант

позволяет получить более объективную оценку C_{AM} . Например, для ПК в 2016 г. (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $F_D = 298 \cdot 8 = 2384$ часа;

t_{pf} – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Стоимость ПК 30000 руб., время использования 510 часа, тогда для него $C_{AM}(ПК) = (0,4 \cdot 30000 \cdot 510 \cdot 1) / 2384 = 3805,37$ руб. Стоимость оборудования 15000 руб., его $F_D = 500$ час.; $N_A = 0,5$; тогда его $C_{AM}(Пр) = (0,5 \cdot 15000 \cdot 30 \cdot 1) / 500 = 450$ руб. Итого начислено амортизации 4255,37 руб.

4.3.6 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об.} \cdot t_{об.} \cdot Ц_{э} \quad (4.12)$$

где $P_{об.}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об.}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{э} = 5,4274$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2 для инженера ($T_{РД}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об.} = T_{РД} \cdot K_t, \quad (4.13)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{РД}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно

определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{ном.} * K_C \quad (4.14)$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{ОБ}$, час	Потребляемая мощность РОБ, кВт	Затраты ЭОБ, руб.
Персональный компьютер	510*0,6	0,3	498,235
микроскоп	30	0,1	16,28
Итого:	514,515		

4.3.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч.} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам} + C_{нп}) \cdot 0,1.$$

Для нашего примера это:

$$C_{проч.} = (2507 + 174395 + 52318,5 + 514,515 + 4255,37) \cdot 0,1 = 23399,038 \text{руб.}$$

4.3.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Макет демонстрационной модели принципов КТ».

Таблица 4.9 - Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	2507
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	174395
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	52618,5
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	514,515
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	4255,37
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	23399,038
Итого:		234290,385

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 234290,4$ руб.

4.3.9 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере $5 \div 20 \%$ от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 53249,5 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

4.3.10 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(234290,4 + 53249,5) * 0,18 = 51757,2$ руб.

4.3.11 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$Ц_{\text{НИР(КР)}} = 234290,4 + 53249,5 + 51757,2 = 339297,1 \text{ руб.}$$

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 10). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} = 87767/87767=1 \quad (4.15)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Список публикаций студента

1. Сосновская А.А., Ли Минь, Даренская Е.А. Влияние механоактивации на структуру хромоникелевой стали, полученной методом порошковой металлургии // Сборник трудов Международной конференции и молодежной школы «МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ В СОВРЕМЕННОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ». – 09-11 июня 2016, Томск.